

10661528.  
12-11-02



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 13 005 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 63 B 49/00**

⑦ Aktenzeichen: 198 13 005.8  
⑧ Anmeldetag: 25. 3. 98  
④ Offenlegungstag: 7. 10. 99

DE 198 13 005 A 1

⑦ Anmelder:  
Lehnkering Reederei GmbH, 47059 Duisburg, DE

⑦ Vertreter:  
Köckeritz, G., Pat.-Ass., 30625 Hannover

⑦ Erfinder:  
Gilles, Ernst, Prof. Dr.-Ing., 70195 Stuttgart, DE;  
Sandler, Martin, Dipl.-Ing., 73732 Esslingen, DE;  
Faul, Matthias, Dipl.-Ing., 70195 Stuttgart, DE;  
Zimmermann, Reinhard, Dipl.-Ing., 71332  
Waiblingen, DE; Wahl, Anja, Dipl.-Ing., 71332  
Waiblingen, DE; Gern, Thomas, Dipl.-Ing., 71334  
Waiblingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤ Verfahren und Anordnung zur Führung und automatischen Steuerung von Schiffen oder schwimmenden Anlagen

⑤ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Führung und automatischen Steuerung von Schiffen und schwimmenden Anlagen auf Binnen- und Küstenwasserstraßen. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, den Schiffsführer zu entlasten und mit schiffsautarken Einrichtungen die Sicherheit bei der Führung von Schiffen und schwimmenden Anlagen auf Binnen- und Küstenwasserstraßen zu verbessern.  
Dazu werden alle für die Navigation wichtigen Informationen rechnergestützt aufbereitet, dargestellt und für autarke, automatische Bahnführung auf gekrümmten Kurven herangezogen. An Bord wird ein autarkes System installiert, das aus Sensoren, daran angeschlossener Interface-Elektronik, Datenverarbeitungsanlage sowie Interface-Elektronik zu den Steuereinheiten besteht.

DE 198 13 005 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Führung und automatischen Steuerung von Schiffen und schwimmende Anlagen auf Binnen- und Küstenwasserstraßen.

Bei Binnenschiffen erfolgt die Steuerung mit Drehgeschwindigkeitsreglern. Über einen Kreisel wird die aktuelle Drehgeschwindigkeit bestimmt und mit der Soll Drehgeschwindigkeit, welche über ein Potentiometer vom Schiffsführer vorgegeben wird, verglichen und entsprechend nachgeregelt. Bei dieser Steuerung muß die Soll Drehgeschwindigkeit ständig manuell verändert werden. Dabei muß der Schiffsführer permanent die vom Schiff gefahrende Bahn selbst überwachen. Dieses System ist als Autopilot bekannt.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kursregelung. Dabei wird vom Schiffsführer die zu fahrende Richtung gegenüber Nord als Sollwert angegeben. Der Istwert wird mit dem Kompaß gemessen. Ein Regler vergleicht Soll- und Istwert und steuert die Ruderanlage. Bei dieser Steuerung muß ebenfalls die Sollkurswinkel ständig manuell verändert werden. Dies gilt insbesondere bei der Revierfahrt, z. B. im Mündungsbereich des Rheins. Im Seebereich ist die Querabweichung, die Querdrift, für die kurzfristige Steuerung des Schiffes oft von untergeordneter Bedeutung.

Es ist ebenfalls bekannt, die Steuerung mit der Vorgabe von Wege-Punkt-Koordinaten auszuführen. Hierbei wird die Abweichung, z. B. die Querabweichung des aktuellen Standortes, von vorgegebenen Kartenkoordinaten, GPS-Koordinaten, gemessen. Das System beinhaltet keine richtige Führung auf gekrümmten Bahnen. Für eine Kurvenfahrt würden also unendlich viele Wege-Punkte benötigt. Aufgrund der Positionsbestimmung, die abhängig von der Verfügbarkeit bzw. Genauigkeit der verwendeten Systeme ist, kann die Kursbestimmung fehlerhaft sein. Dieses Problem trifft besonders in der räumlich eng begrenzten Fahrinne in der Binnenschiffahrt zu.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, den Schiffsführer zu entlasten und mit schiffsautarken Einrichtungen die Sicherheit bei der Führung von Schiffen und schwimmenden Anlagen auf Binnen- und Küstenwasserstraßen zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Patentansprüche gelöst. Dabei werden eine elektronische Wasserstraßenkarte oder ein Modell des dynamischen Schiffsverhaltens und alle für die Navigation wichtigen Informationen rechnergestützt aufbereitet, dargestellt und für eine schiffsautarke, automatische Bahnführung auf gekrümmten Kurven herangezogen. Der Kurswinkel und die Position werden mit entfernungsmessenden Sensoren, z. B. Radar oder Laserscanner, durch Vergleich der angezeigten Werte mit einer Karte ermittelt. Für den Vergleich zieht man die Kartenkontur oder stationäre topographische Punkte heran.

Position, Kurswinkel und Bewegungszustand können mit jeweils einem, mehreren oder allen bekannten Verfahren gemessen werden und nach einem vorgegebenen Algorithmus, z. B. Kalmanfilter, ermittelt werden. Zum Bewegungszustand gehören die Drehgeschwindigkeit und die Längsgeschwindigkeit. Bei Ausbleiben einer, mehrerer oder aller Meßgrößen berechnet das System Position, Kurswinkel und Bewegungszustand. Dies ist bei zeitlich begrenztem Ausbleiben der Meßgrößen besonders wichtig, um eine kontinuierliche Steuerung zu gewährleisten.

Mit Hilfe mathematischer Verfahren oder aus Erfahrungswerten wird eine sogenannte Basislinie vorgegeben, die eine ideale Route beschreibt, wenn es keine Behinderungen durch das reale Verkehrsgeschehen geben würde.

Alle Objekte auf und entlang der Wasserstraße werden

von einem Radar erkannt, verfolgt und dargestellt. Das System ist jedoch in der Lage, Falschdarstellungen mit Hilfe mathematischer Verfahren zu korrigieren. Der bekannte Effekt des Verschmelzens von zwei Schiffen zu einer Radaranzeige wird so korrigiert.

Aus der oben beschriebenen Basislinie leitet sich durch Verknüpfung mit der realen Verkehrssituation eine Leitlinie ab, die für die Steuerung verwendet wird. Sollte der Schiffsführer Bedarf sehen, kann er jederzeit die Leitlinie manuell korrigieren. Aus dieser Leitlinie werden alle Vorgaben für die Regelung generiert. Die mathematischen Verfahren berücksichtigen dabei das Schiffsmodell und vorher bekannte Einflußgrößen. Durch Vergleich der Sollwerte mit den entsprechenden gemessenen oder bestimmten Istwerten lassen sich die Stellgrößenanteile für die Regelung des Schiffes ermitteln. Die Ansteuersignale für die Steuereinrichtungen ergeben sich aus einer additiven Überlagerung aus den Stellgrößenanteilen.

Bei dem zugrundegelegten Schiffsmodell handelt es sich um ein dynamisches Schiffsmodell, so daß es jeweils an die aktuellen Gegebenheiten angepaßt werden kann. Dazu wird das Schiff durch zusätzliche überlagerte Stellsignale ange-regt. Aus der gemessenen Reaktion paßt sich das dynamische Schiffsmodell an die aktuelle Gegebenheit an.

Zur Erleichterung der Führung von Schiffen oder schwimmenden Anlagen wird an Bord ein autarkes System angeordnet. Dieses System besteht aus Sensoren, daran angeschlossener Interface-Elektronik, einer Datenverarbeitungsanlage und einer Interface-Elektronik zu den Steuereinrichtungen des Fahrzeuges. Die Daten und Verarbeitungsergebnisse von der Datenverarbeitungsanlage werden auf einem oder mehreren Bildschirmen sichtbar gemacht. Außerdem ist eine Einheit zur Bedienung angeordnet. Die Bildschirmanzeige ist so aufgebaut, daß Radarbild, Wasserstraßenkarte, rekonstruierte Verkehrssituation, Basis- und Leitlinie dargestellt werden und schnell vom Schiffsführer erfaßt werden können.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Fig. 1 zeigt eine Anordnung für ein Binnenschiff.

Dem Schiffsführer 1 steht ein Integriertes Navigationssystem (INS) 2 zur Verfügung. Das INS fügt über Computer verschiedenartige Sensoren und verschiedenartiges a-priori-Wissen zusammen. Die Sensoren werden unterteilt in bildgebende und nicht bildgebende Sensoren. Als bildgebende Sensoren können Videokameras oder Radargeräte dienen. Das Radar bietet sich in der Binnenschiffahrt besonders an, weil es als Standardnavigationshilfe zur Verfügung steht und auf seinem Plan Position Indikator können Entfernungen aus dem verzerrungsfreien, landkartenähnlichen Bild sofort ermittelt werden. Nicht bildgebende Sensoren sind GPS-Empfänger, Kurs- oder Wendekreisler. Der Wendeanzeiger ist bei Radarfahrt auf allen Binnenschiffen zwingend vorgeschrieben und ist daher auch als Standardnavigationshilfe auf allen modernen Binnenschiffen vorhanden.

Zu dem a-priori-Wissen, das in das INS eingefügt ist, zählt ein mathematisches Modell über die eigene Fahrzeugdynamik, ein mathematisches Modell über die Dynamik von fremden Fahrzeugen und eine Wissensbasis über die Navigationslandschaft (elektronische Flußkarte). Die elektronische Flußkarte beinhaltet alle amtlichen Karten eines Flusses, die in einer für den Computer schnell zu verarbeitenden binären Form abgelegt sind. Der Flußverlauf wird wiedergegeben mit Spiralen, Polygonen und Punkten in Gauß-Krüger-Koordinaten. Diese Koordinaten beschreiben in sämtlichen Karten üblicherweise das erdfeste Absolutkoordinatensystem. Die elektronische Flußkarte beinhaltet reale und virtuelle Objekte. Reale Objekte sind für den Menschen

sichtbar, z. B. Uferlinie und Brücken. Virtuelle Objekte sind nicht sichtbar, dazu zählen z. B. Flußachse und Ideallinie. Die elektronische Flußkarte kann ergänzende Informationen enthalten, z. B. Brückendurchfahrtshöhe und Funkkanal der Schleusen.

Für das dynamische Modell des eigenen Schiffes wird das Nomoto-Modell verwendet, mit welchem die Manöviereigenschaften beschrieben werden können. Die Dynamik fremder Fahrzeuge beschreibt ein Modell vierter Ordnung.

Dem INS werden über Interfaceelektronik 7 die Werte von GPS-Empfänger 8, Radar 9 und Wendekreis 10 eingegeben, außerdem die Werte vom Autopiloten bzw. der Ruderanlage 3. Der Autopilot bzw. die Ruderanlage 3 erhält über eine Interface-Elektronik 7 Signale, mit denen das Schiff 4 in Abhängigkeit von äußeren Einflüssen (Wind, Wellen, Strömung) 6 automatisch auf Kurs 5 gehalten wird.

Der Steuerstand auf der Schiffsbrücke wird mit dem neuen System ausgerüstet. Von besonderem Vorteil ist die Nachrüstbarkeit bereits in Fahrt befindlicher Binnenschiffe. Dabei sind die Forderungen der Besatzung von größter Wichtigkeit, so daß verschiedene Bedienmöglichkeiten realisiert werden können. Die Stellteile können aus Standardteilen bestehen, z. B. Rollkugel, Tastatur, Joy-Stick, Tot-Mann-Schalter, Automatik-Ein/Ausschalter, Not-Aus-Schalter. Die Bedienoberfläche bildet die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Sie muß für den täglichen Schiffsbetrieb geeignet sein und einen klar strukturierten Aufbau haben. Vorteilhaft ist die Statusanzeige von momentaner Position in Flußkilometer, Geschwindigkeit über Grund, Windgeschwindigkeit, Ruderstellung, Uhrzeit sowie Nachrichtenfenster zur Darstellung von Systemmeldungen. Die Veränderung des Maßstabes der gesamten Anzeige des INS wird über eine Änderung des Radarbildmaßstabes vorgenommen. Die bewegten Objekte, die vom System verfolgt werden, sind besonders gekennzeichnet. Das INS verknüpft verschiedenartige Navigationsgeräte miteinander, die bisher keine standardisierten Schnittstellen zueinander aufweisen und ermöglicht so eine automatische Steuerung von Binnenschiffen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Schiffsführer
- 2 integriertes Navigationssystem
- 3 Autopilot
- 4 Schiff
- 5 Kurs
- 6 äußere Einflüsse
- 7 Interface-Elektronik
- 8 GPS-Empfänger
- 9 Radar
- 10 Wendekreis

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erleichterung der Führung von Schiffen und schwimmenden Anlagen auf Binnen- und Küstenwasserstraßen, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter Ausnutzung von einer oder mehreren verschiedenartigen Messungen sowie von a-priori bekanntem Wissen, z. B. einer elektronischen Wasserstraßenkarte oder einem Modell des dynamischen Schiffsverhaltens, alle für die Navigation wichtigen Informationen rechnergestützt aufbereitet, dargestellt und für eine schiffsauf-tarke, automatische Bahnführung auf gekrümmten Kurven herangezogen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Position und der Kurswinkel mit Hilfe ent-

fernungsmessender Sensoren, z. B. Radar, Laserscanner, durch Vergleich mit einer Karte ermittelt wird, wobei die Kartenkontur oder stationäre topographische Punkte für den Vergleich herangezogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Position, Kurswinkel und Bewegungszustand (z. B. Drehgeschwindigkeit, Längsgeschwindigkeit) mit jeweils einem, mehreren oder allen bekannten oder beschriebenen Verfahren gemessen bzw. nach einem vorgegebenen Algorithmus, z. B. einem Kalmanfilter, ermittelt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auch bei Ausbleiben einer, mehrerer oder aller Meßgrößen Position Kurswinkel und Bewegungszustand berechnet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Basislinie als Vorgabe der bei keiner Behinderung durch das Verkehrsgeschehen zu fahrenden Bahn aus vorhandenen Informationen, wie z. B. Gewässertiefe, der Strömung, den Abmessungen, dem Tiefgang und dem dynamischen Verhalten des Fahrzeugs, mit Hilfe mathematischer Verfahren generiert oder von erfahrenen Personen vorgegeben werden kann.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Rekonstruktion des Verkehrsgeschehens Objekte auf und entlang der Wasserstraße, z. B. mit Hilfe des Radars erkannt, verfolgt, die Position, Größe, Geschwindigkeit und Ausrichtung der Objekte bestimmt und sie u. a. zu Informationszwecken dargestellt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4 sowie 6, dadurch gekennzeichnet, daß vom Radar verursachte Falschdarstellungen, z. B. Verschmelzen eines Schiffes mit dem Ufer, durch Vergleich mit vorhandenen Informationen, z. B. der elektronischen Wasserstraßenkarte oder der rekonstruierten Verkehrssituation, mit Hilfe mathematischer Verfahren korrigiert werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorgabe für die Bahnführung eine Leitlinie bestimmt wird, die sich aus der Basislinie ableitet oder aus der Basislinie unter Beachtung der rekonstruierten Verkehrssituation mit mathematischen Verfahren generiert wird, wobei der Schiffsführer jederzeit die Leitlinie manuell korrigieren kann.

9. Verfahren nach Anspruch 1 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Leitlinie durch mathematische Verfahren unter Berücksichtigung des Schiffsmodells und vorher bekannter Einflußgrößen, z. B. einer Querströmung, ein Steuerverlauf der Stellgrößen für die Führung entlang der Leitlinie sowie Sollwerte, z. B. Kurswinkel, Drehgeschwindigkeit und Querabweichung, als Vorgaben für eine Regelung generiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß durch Vergleich der Sollwerte mit den entsprechenden gemessenen oder bestimmten Ist-Werten Stellgrößenanteile für die Regelung des Fahrzeugs ermittelt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß Ansteuersignale für die Steuereinrichtungen durch additive Überlagerung aus den Stellgrößenanteilen nach Anspruch 9 und 10 bestimmt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Adaption des dynamischen Schiffsmodells das Fahrzeug durch zusätzliche überlagerte Stell-signale angeregt und aus der gemessenen Reaktion das

dynamische Schiffsmodell an die aktuellen Gegebenheiten angepaßt werden kann.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Adaption des dynamischen Schiffsmodells durch alleinige Steuerung des Fahrzeugs mit dem Stellanteil nach Anspruch 9 aus auftretenden Abweichungen zwischen gemessenen und erwarteten Größen das Schiffsmodell an die aktuellen Gegebenheiten angepaßt werden kann.

14. Anordnung zur Erleichterung der Führung von Schiffen oder schwimmenden Anlagen, dadurch gekennzeichnet, daß ein autarkes System an Bord angeordnet wird, das aus Sensoren, daran angeschlossener Interface-Elektronik, Datenverarbeitungsanlage sowie Interface-Elektronik zu den Steuereinrichtungen des Fahrzeugs besteht, wobei die Daten und Verarbeitungsergebnisse von der Datenverarbeitungsanlage auf einem oder mehreren Bildschirmen sichtbar gemacht werden und eine Einheit zur Bedienung vorgesehen ist.

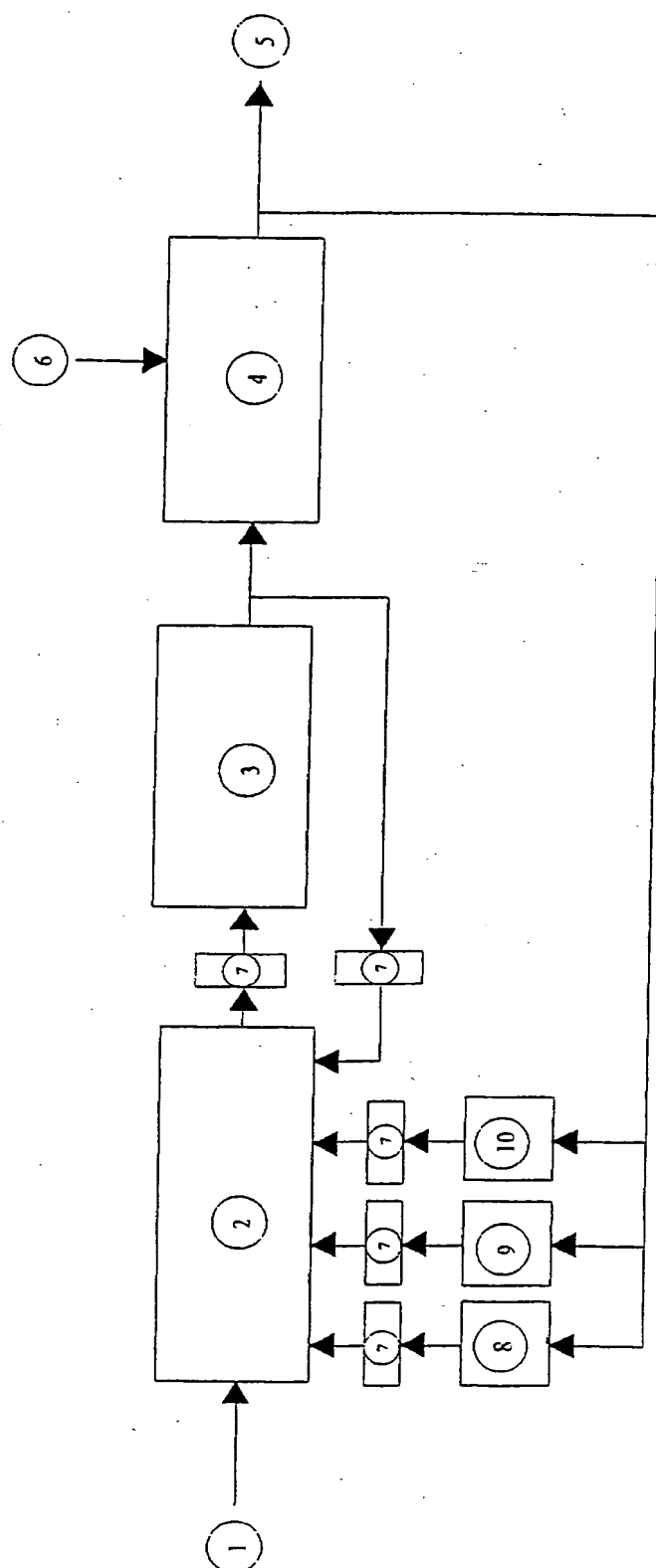
15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bildschirm mit Anzeigen für Radarbild, Wasserstraßenkarte, rekonstruierte Verkehrssituation, Basis- und Leitlinie ausgestattet ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



Figur 1